السعة الخزنية الحالية لخزان سد شرحبيل بن حسنة

تاريخ تسلم البحث: ٢٠٠٣/٧/٤ تاريخ قبوله للنشر: ٢٠٠٣/٩/٢

نظير الأنصاري* و أمجد شطناوي

ملخص

تم إنشاء سد شرحبيل بن حسنه عام ١٩٦٦ أي قبل ٣٧عاما على أساس أن خزان السد يستوعب ٤.٤ مليون متر مكعب من الماء. أجريت أول دراسة لحساب الخزين الفعلي لخزان السد وذلك باستخدام جهاز سبر الغور حيث تم مسح أحد عشر مقطعا طوليا وعرضيا وتبين أن سعة خزان السد هي ٢.٧٨ مليون متر مكعب. هذه الأرقام تشير إلى أن ما يقارب ٤٦الف متر مكعب من الرسوبيات يتم جرفها من حوض السد إلى الخزان سنويا.

Abstract

Sharhabiel Bin Hasnah Dam was constructed ٣٧ years ago (١٩٦٦) with a total reservoir storage capacity of ٤.٤ million cubic meters. For the first time the actual storage capacity of the reservoir had been calculated using ١١ surveying cross-sections. An echo sounder was used during the survey. The results indicate that the reservoir storage capacity is ٢.٧٨ million cubic meters. This implies that an annual reduction of ٤٧٠٠٠ cubic meters of the reservoir storage capacity is taking place due to sediment deposition.

١ - المقدمة:

الزيادة المضطردة في عدد السكان- وما سينتج عنه من نقص في كمية المياه المتوفرة للاستهلاك، يزيد من أهمية الدراسات المائية، التي تؤدي إلى الاستفادة القصوى من مياه الأمطار من خلال تجميعها وتقليل نسبة الضائع منها ما أمكن . وفي بلد مثل الأردن الذي يعاني من شحة كبيرة في موارده المائية ومحدودية القدرة المالية تزداد الحاجة للدراسات المائية، إذ إن عدم القدرة على بناء سدود جديدة، وما يتطلبه ذلك من

* أستاذ، معهد علوم الأرض والبيئة، جامعة آل البيت، الأردن.

** مهندس، معهد علوم الأرض والبيئة، جامعة آل البيت، الأردن.

أموال طائلة، يتطلب العمل على زيادة كفاءة السدود المقامة حاليا، إطالة عمرها الزمني، ومعرفة سعتها التخزينية الفعلية؛عن طريق دراسة علمية ، تضع حقيقة الوضع أمام صانع القرار ولتكون الموازنة المائية للمتوافر من المياه في المملكة مستندة إلى أرقام صحيحة.

تحمل مياه الأمطار أثناء جريانها للاستقرار في المجمعات المائية كبحيرات السدود كميه من الرسوبيات تترسب وتتراكم في قاع البحيرة الأمر الذي يؤدي إلى تقلص حجم بحيرة السد وسيتناقص حجم الخزين المائي تدريجيا مع الزمن، وبعد زمن معين نجد أن حجم الخزين الميت للبحيرة سينتهي وتبدأ الترسبات في التراكم عند فتحات السد.

ومما يزيد الأمر سوءً التوقعات التي تؤكد زيادة نقل الرسوبيات في منطقة الشرق الأوسط إلى خزانات السدود بسبب ظاهرة سخونة الكوكب (Global Warming) التي أخذت تؤدي إلى قصر فترة هطول المطر وزيادة في شدته، فكمية المطر التي كانت تسقط على مدار يوم كامل أصبحت تسقط في غضون ساعة مثلا وما سيؤدي ذلك من ازدياد في مقدار الرسوبيات المنقولة إلى خزانات السدود ويقلص بشكل أسرع حجم الخزين المائي فيها (Al-Ansari,١٩٩٨).

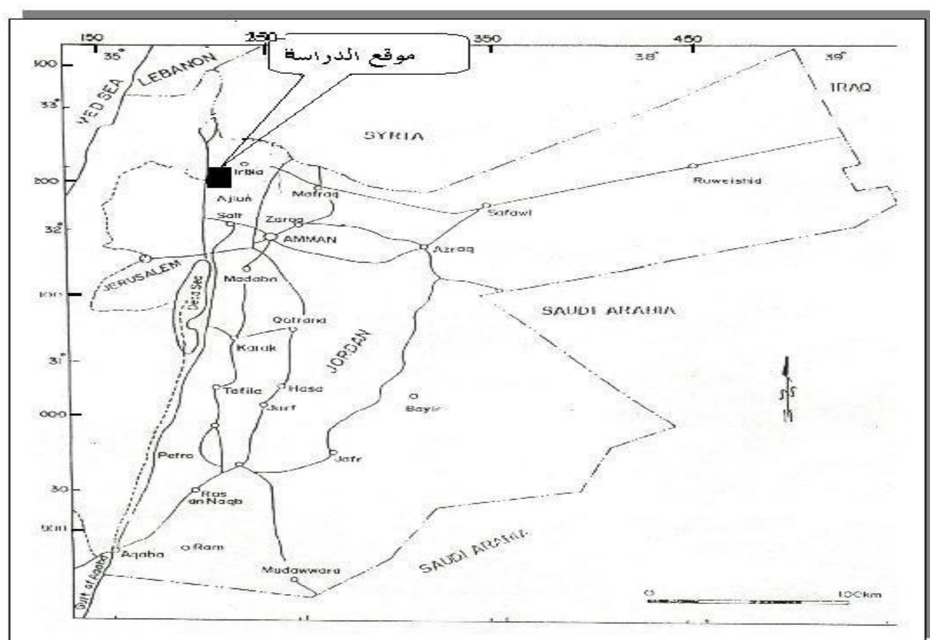
يتضمن العمل في هذه الدراسة أربعة مراحل أساسية هي جمع المعلومات، العمل الميداني، البرمجيات الحاسوبية وعرض النتائج.

٢ - بحيرة سد شرحبيل بن حسنه:

يقع سد شرحبيل بن حسنه على مجرى وادي زقلاب على ارتفاع ٨٦ متراً تحت مستوى سطح البحر، في الجزء الشمالي الغربي من المملكة (شكل ١)، يغذي السد حوض تجميعي مساحته ١٠٦ كيلو متر مربع (Macdonald,١٩٦٥) تغطيه الصخور الدولوميتية التي تنتمي إلى مجموعة عجلون ومجموعة البلقاء (Bender,١٩٧٤، عبد الحميد، ١٩٩٥، محمد،٢٠٠٠). أجزاء الحوض العليا تقع ضمن مرتفعات عجلون ويسودها مناخ شبه رطب وذو فائض من المياه خلال فصل الشتاء، أما أجزاء الحوض الدنيا فتقع ضمن منطقة غور الأردن ويسودها مناخ جاف يتصف بارتفاع درجة الحرارة وارتفاع في

معدلات التبخر الكامن. يبلغ المعدل السنوي العام للأمطار الساقطة على الحوض ٥١٢.١ ملم (الزعبي، ١٩٩٥؛ الأرصاد الجوية، ٢٠٠٠)، معدل الجريان القاعدي للحوض هو سبعة ملايين متر مكعب في السنة، أما معامل الجريان السطحي فهو اثنين بالمائة من كمية الهطول على الحوض (المومني، ١٩٨٥ ;Water Authority,١٩٨٩).

ترتفع المياه في خزان سد شرحبيل بن حسنه من أمام السد (Upstream) إلى حدها الأقصى على ارتفاع المسيل المائي (Spillway) للسد وهو ٨٦ مترا تحت مستوى سطح البحر حتى يقطع محيطها مجرى وادي زقلاب عند النقطة (N٢١٤٤٦٦,E٢١٠٠٢٤)؛ إذ يبلغ طول الخزان على هذا الارتفاع ١٥٠٠متر وأقصى عرض له ٥٠٠ متر، أما حجم الخزين المائي التصميمي فمن المفترض أن يكون ٤,٤ مليون متر مكعب (Arger, ١٩٩٧ .; Macdonald,١٩٦٥)



شكل (١) : موقع الدراسة (عن المركز الجغرافي الملكي)

يؤخذ بنظر الاعتبار عند تصميم أي سد سعة الخزين المائي في البحيـــرة وعـــادة تدرس كمية الرسوبيات الممكن أن تنتقل مع المياه الواردة إلى بحيرة السد وتترسب فيها وذلك لإيجاد تأثير هذه الرسوبيات في السعة الخزنية مع الزمن (Gurer,١٩٩٠). يحســـب عادة عمر تشغيل السد على أساس انتهاء الخزين الميت في خزانه، مع كـــل الدراســـات التي تجري قبل تنفيذ السد لابد من حساب كمية الرسوبيات المتراكمة في الخـــزان بعـــد تشغيل السد للتأكد من دقة حسابات حركة الرسوبيات قبل إنشاء السد ، وفي حالة غيابها فان الدراسة الميدانية ستعطي نتائج فعلية عن معدل تقلص السعة الخزنية لخزان السد مع الزمن (Graf,١٩٧١).

٢-١ رسم خارطة خزان السد:

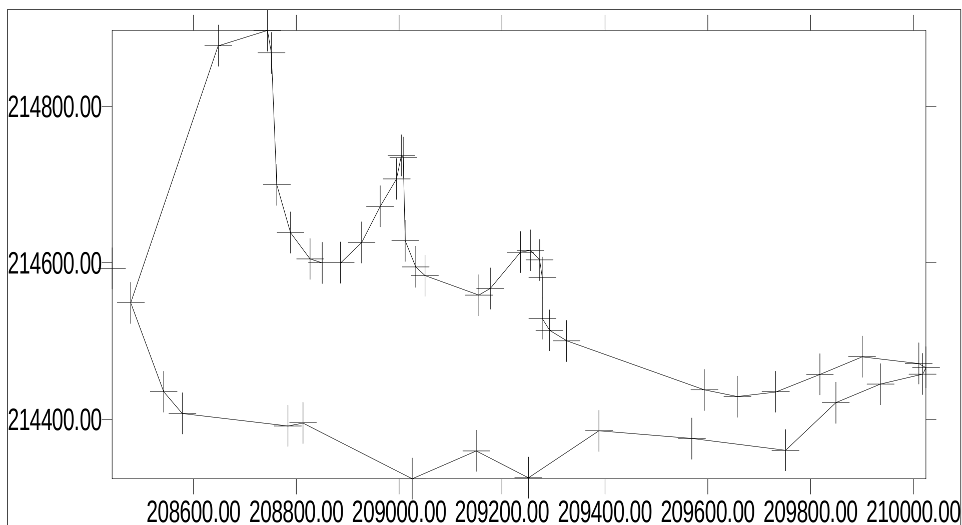
حددت نقطة مرجعية (Reference Point) لكي يتم نصب جهاز المحطة المســـاحية (Total Station) نوع (Sokkia Set ٦PD ٢٠٨٨٣)عليها وسميت بـــ (Ref ٠) ينبغـــي أن تكون هذه النقطة في منطقة يسهل الوصول إليها بالنظر إلى صعوبة تضاريس المنطقـــة وحدتها، وكذلك ينبغي أن تكشف أكثر ما يمكن من الالتواءات والثنيـــات الطبوغرافيـــة المكونة لمحيط بحيرة السد، كذلك روعي أن تكون هذه النقطة تقريباً في منتصف المسافة بين بداية ونهاية بحيرة السد. بعد أن تم اختيار هـــذه النقطـــة لا بـــد الآن مـــن تحديـــد لإحداثياتها عن طريق قسم المساحة في دائرة المساحة والأراضي التابعة لمنطقة الشونة الشمالية، وذلك باستخدام راقم التسوية (Bench Mark) الأقرب لمنطقة الدراسة، كذلك لا بد من نقطة مرجعية مساعدة أخرى لكي يتم بواسطتها تعريف جهاز المساحة على يمينه وشماله واتجاه الأعلى والأخفض وسميت هذه النقطة المساعدة بـــ (Ref ١).

٢-١-١ رسم خارطة لمحيط خزان السد على ارتفاع المسيل المائي (Spillway):

تم تحديد ارتفاع إحداثيات نقطة موجودة على المسيل المائي للسد بواســـطة جهـــاز المساحة ووجد أن ارتفاع المسيل المائي هو ٨٦ متراً تحت مستوى سطح البحر، للتأكـــد من دقة قياس ارتفاع المسيل المائي تمت مقارنة هذا الرقم مع الرقم المعطى مـــن قبـــل

شركة ماكدونالد التي قامت ببناء السد وهو ١٢٤ متر (ارتفاع ١٠٠ متر حسب الإحداثيات الخاصة بشركة ماكدونالد تقابل ارتفاع ١١٠ متر تحت مستوى سطح البحر فعليا) لهذا فإن ارتفاع المسيل المائي المقاس صحيح تماما". على هذا الارتفاع تمت قراءة إحداثيات ٤٧ نقطة تشكل في مجموعها محيط خزان السد على ارتفاع المسيل المائي وروعي أن تكون هذه النقاط ممثلة تمثيلاً جيداً لهذا المحيط ؛ وذلك بأن تأخذ إحداثيات كل التواءه وثنية طبوغرافية محيطة بخزان السد كي تخرج هذه الخريطة الكنتورية ممثلة تماماً للواقع.

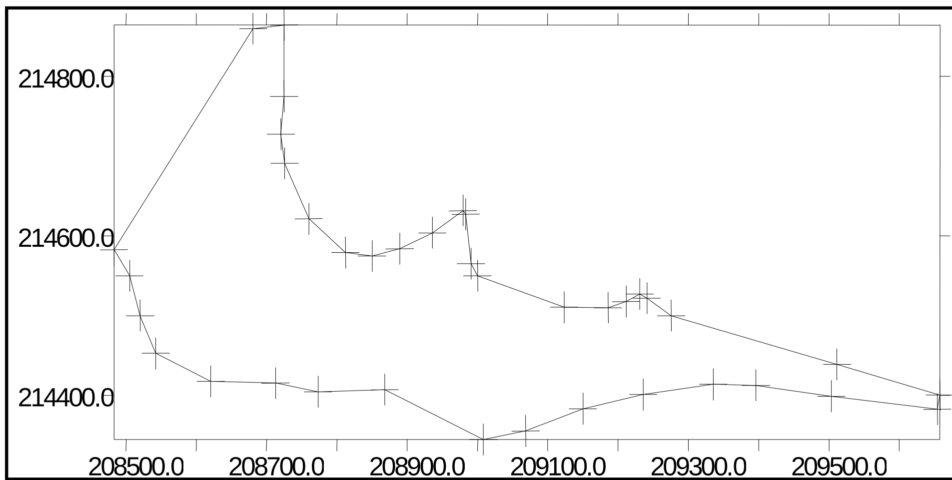
بعد الحصول على هذه النقاط الممثلة الـ ٤٧ ، تم إدخال هذه النقاط إلى البرنامج الحاسوبي (Surfer ٣.٢) من مجموعة برامج جولدن سوفت وير (Golden Soft Ware) على شكل جدول إذ يمثل العمود الأول منه اتجاه الشرق (Easting) ويمثل العمود الثاني اتجاه الشمال (Northing) ويمثل العمود الثالث الارتفاع (Elevation) وهو هنا ثابت ويساوي ارتفاع المسيل المائي(–٨٦ متر)، بذلك يتكون شكل مغلق (Polygon) يمثل محيط بحيرة السد على ارتفاع المسيل المائي (شكل ٢).



شكل (٢) : خارطة محيط خزان السد على ارتفاع المسيل المائي.

٢-١-٢ رسم خارطة المحيط المبتل للخزان:

تمت قراءة إحداثيات ٣٩ نقطة حول محيط الماء الموجود في الخـــزان بواســطة جهاز المساحة، وروعي أن تكون هذه النقاط ممثلة تماماً لمحيط بحيرة السد، ثم أدخلــت إحداثيات هذه النقاط إلى برنامج الحاسوب (Surfer ٣.٢) ورسم الشكل المغلق (Polygon) (شكل ٣) الممثل لخزان السد على ارتفاع الماء الموجود فيه كما في ٢-١-١.

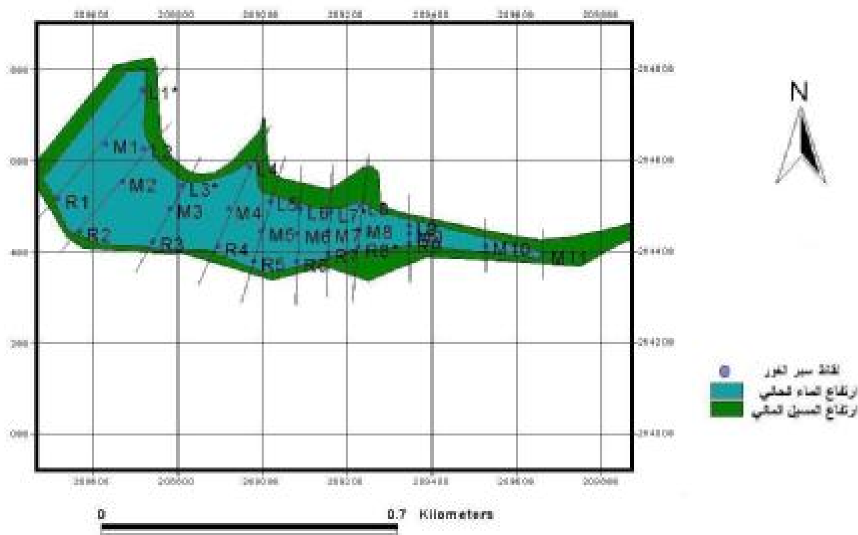


شكل (٣) خارطة المحيط المبتل للخزان

٣- رسم الخارطة الكنتورية لقاع خزان السد:

قسم خزان السد إلى أحدس عشر مقطعاً (Section) كما فـــي الشـــكل (شـــكل ٤) وروعي في أن تكون هذه المقاطع موازية قدر الإمكان لجسم السد، وكـــذلك أن تكـــون المسافة بين هذه المقاطع متساوية تقريباً، ثم حُددت النقاط (المواقع) التـــي ســـيتم قيـــاس أعماق مياه الخزان عندها، نقاط قريبة من الشاطئ الأيمن تبدأ بحرف (R) ونقاط قريبـــة من الشاطئ الأيسر تبدأ بحرف (L) وكذلك نقاط في منتصف المسافة بين الشاطئ الأيمن والأيسر تبدأ بحرف (M)، حددت إحداثيات كل نقطة من هذه النقـــاط، وعـــددها ثمـــان وعشرون نقطة؛ تمت قراءة إحداثيات هذه النقاط بواسطة جهاز المساحة (Total Station)

المنصوب في النقطة المرجعية (Ref ٠)، قارب مطاطي ومرساة لتثبيت القارب في النقطة المطلوبة.

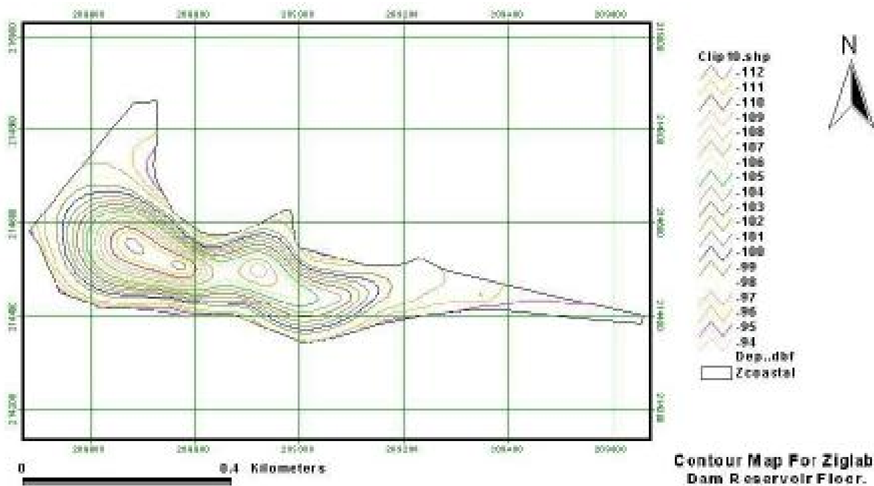


شكل (٤):

خريطة بحيرة السد ونقاط تحديد الأعماق على المقاطع التي قسم إليها الخزان

قيس عمق كل نقطة من النقاط الثماني والعشرين الواقعة على الأحد عشرة مقطعا التي قسم بها خزان السد بواسطة جهاز السونار - لايت (Sonar-light). وضع عمق كل نقطة مقابل إحداثياتها المعروفة مسبقاً في جدول، ثم طرح من عمق كل نقطة ارتفاع الماء الحالي في البحيرة وهو -٩٤ مترا"، لكي يتم الحصول على البعد الثالث (Z Value) عن مستوى سطح البحر (جدول رقم ١)، فيكون هذا البعد الثالث مع إحداثيات الشمال والشرق لكل نقطة ممثلاً للطبوغرافية الحالية لقاع بحيرة السد.

باستخدام البرنامج الحاسوبي آرك ـ فيو (Arc-View) رُسمت خريطة تساوي الارتفاع (Contour Map) لقاع خزان السد (شكل ٥).



شكل (٥): الخريطة الكنتوريه لأرضية خزان سد زقلاب.

٤ - إيجاد العلاقة الفعلية بين السعة الخزنية لسد شرحبيل بن حسنه والمستوى الأفقي:

باستخدام البرنامج الحاسوبي آرك- فيو(Arc-View) تم الحصول على شكل ثلاثي لقاع الخزان (Tin)، ثم على حجم الماء الموجود في البحيرة عند ارتفاع الماء الحالي – ٩٤ مترا"، وهذا الحجم هو ١.٢٧مليون متر مكعب، كما تم أيجاد مساحة الخزان عند هذا الارتفاع وهي ١٨٩.٥ ألف متر مربع.

تكرر هذه العملية لإيجاد سعة خزان السد عند ارتفاع المسيل المائي وهو –٨٦ متراً، وجد أن سعة خزان السد (السعة القصوى) الحالية عند هذا الارتفاع هي ٢.٧٨ مليون متر مكعب. يوضح الشكل (٦) المنحنى التقديري (Rating Curve) للعلاقة بين السعة الخزنية الفعلية للسد والمستوى الأفقي لارتفاع الماء فيه.

٥ - إيجاد حجم الرسوبيات المتراكمة في قاع خزان سد شرحبيل بن حسنه:

بمقارنة منحنى العلاقة الحالي بين سعة الخزان والارتفاع (شكل ٦) مع منحنى العلاقة بين سعة الخزان والارتفاع الذي رسم عند إنشاء بحيرة السد (Macdonald,

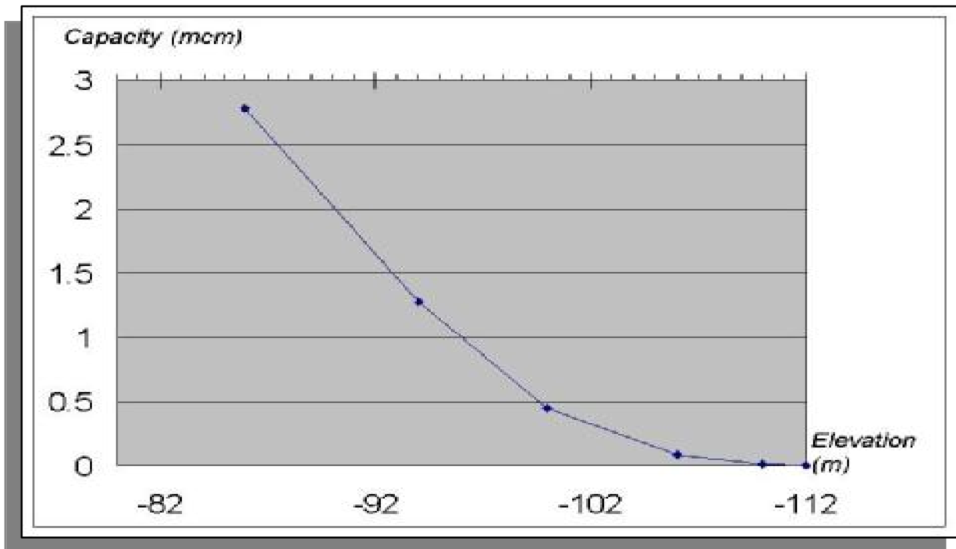
(١٩٦٥)، وجد أن حجم الرسوبيات المتراكمة في قاع بحيرة السد منذ إنشائه سـنة ١٩٦٦ هو ١.٦٢ مليون متر مكعب حسب الحسابات الآتية:

بما أن سعة خزان السد القصوى كانت عند إنشائه نسبة لارتفاع المسـيل المـائي ٤.٤ مليون متر مكعب (Macdonald,١٩٦٥) لذلك: فإن حجم الرسوبيات المتراكمة منـذ إنشاء السد تساوي ٤.٤ - ٢.٧٨ = ١.٦٢ MCM

SECTION No. رقم المقطع	POINT ID. رمز النقطة	NORTH الشمال (m)	EAST الشرق (m)	ELEVATION الارتفاع(m)	DEPTH العمق (m)	Z VALUE البعد الثالث (Z) (m)
١	L١	٢١٤٨١٢.٠	٢٠٨٧١٨.٠	-٩٤.٠	٢.٦	-٩٦.٦
١	M١	٢١٤٦٧٥.٠	٢٠٨٦٣٢.٠	-٩٤.٠	٥.٥	-٩٩.٥
١	R١	٢١٤٥٣٥.٠	٢٠٨٥٢١.٠	-٩٤.٠	٢.٥	-٩٦.٥
٢	R٢	٢١٤٤٥٠.٠	٢٠٨٥٧١.٠	-٩٤.٠	٢.٣	-٩٦.٣
٢	M٢	٢١٤٥٧٨.٠	٢٠٨٦٧٣.٠	-٩٤.٠	١٧.٥	-١١١.٥
٢	L٢	٢١٤٦٦٣.٠	٢٠٨٧٢٣.٠	-٩٤.٠	٢.٣	-٩٦.٣
٣	L٣	٢١٤٥٦٦.٠	٢٠٨٨١٤.٠	-٩٤.٠	٣.١	-٩٧.١
٣	M٣	٢١٤٥١٠.٠	٢٠٨٧٨٣.٠	-٩٤.٠	١٨.٠	-١١٢.٠
٣	R٣	٢١٤٤٢٥.٠	٢٠٨٧٤٤.٠	-٩٤.٠	٢.١	-٩٦.١
٤	R٤	٢١٤٤١٣.٠	٢٠٨٨٩٧.٠	-٩٤.٠	٤.٣	-٩٨.٣
٤	M٤	٢١٤٥٠٨.٠	٢٠٨٩٢٣.٠	-٩٤.٠	١٤.٣	-١٠٨.٣
٤	L٤	٢١٤٦١٨.٠	٢٠٨٩٧٣.٠	-٩٤.٠	١.٩	-٩٥.٩
٥	L٥	٢١٤٥٢٨.٠	٢٠٩٠٢١.٠	-٩٤.٠	٢.٥	-٩٦.٥
٥	M٥	٢١٤٤٥٠.٠	٢٠٩٠٠٠.٠	-٩٤.٠	١٢.١	-١٠٦.١
٥	R٥	٢١٤٣٧٥.٠	٢٠٨٩٨٣.٠	-٩٤.٠	٥.٨	-٩٩.٨
٦	R٦	٢١٤٣٧٣.٠	٢٠٩٠٨٣.٠	-٩٤.٠	٣.٨	-٩٧.٨
٦	M٦	٢١٤٤٤٥.٠	٢٠٩٠٨٦.٠	-٩٤.٠	٩.٨	-١٠٣.٨
٦	L٦	٢١٤٥٠٨.٠	٢٠٩٠٩٢.٠	-٩٤.٠	٣.٣	-٩٧.٣
٧	R٧	٢١٤٣٩٥.٠	٢٠٩١٥٨.٠	-٩٤.٠	١.٥	-٩٥.٥
٧	M٧	٢١٤٤٤٨.٠	٢٠٩١٥٨.٠	-٩٤.٠	٥.٧	-٩٩.٧
٧	L٧	٢١٤٥٠٠.٠	٢٠٩١٦٤.٠	-٩٤.٠	٤.٢	-٩٨.٢
٨	R٨	٢١٤٤١٠.٠	٢٠٩٢٢٨.٠	-٩٤.٠	١.٧	-٩٥.٧
٨	M٨	٢١٤٤٥٨.٠	٢٠٩٢٢٩.٠	-٩٤.٠	٣.٤	-٩٧.٤
٨	L٨	٢١٤٥١٦.٠	٢٠٩٢٣٣.٠	-٩٤.٠	٣.٢	-٩٧.٢
٩	R٩	٢١٤٤٢١.٠	٢٠٩٣٥٠.٠	-٩٤.٠	١.٠	-٩٥.٠

٩	M٩	٢١٤٤٤٥.٠	٢٠٩٣٤٩.٠	-٩٤.٠	٣.٠	-٩٧.٠
٩	L٩	٢١٤٤٦٥.٠	٢٠٩٣٤٩.٠	-٩٤.٠	٢.٤	-٩٦.٤
١٠	M١٠	٢١٤٤١٥.٠	٢٠٩٥٢٨.٠	-٩٤.٠	٠.٨	-٩٤.٨
١١	M١١	٢١٤٣٩١.٠	٢٠٩٦٦٥.٠	-٩٤.٠	٠.٢	-٩٤.٢

جدول رقم (١) قيمة البعد الثالث Z-Value لأعماق النقاط على المقاطع التي قسم إليها خزان سد شرحبيل بن حسنه.



الشكل رقم (٦): المنحنى التقديري (Rating Curve) للعلاقة بين السعة الخزنية الفعلية للسد وارتفاع الماء فيه (المستوى الأفقي).

٦ - إيجاد معدل تقلص السعة الخزنية لبحيرة السد

بما أن الفترة الزمنية التي مضت على إنشاء السد (وحتى إجراء المسح الميداني) هي خمسة وثلاثون عاماً، وعلى فرض أن لحجم الرسوبيات المتراكم في الخزان معدل ثابت سنوياً فسيكون هذا المعدل السنوي: MCM/Year ٠.٠٤٦ = ١.٦٢/٣٥

وبما أن معدل حجم الرسوبيات المتراكم في قاع البحيرة يساوي معدل تقلص السعة الخزنية فان معدل تقلص السعة الخزنية للسد يساوي ٤٦ ألف متر مكعب في السنة .

٧- المناقشة

يلاحظ من جدول (١) أن أعمق نقطة في الخزان هي النقطة M٣ إذ إن عمق هذه النقطة ١٨ متراً تليها النقطة M٢ وعمقها ١٧.٥٣ متراً ، فالنقطة M٤ وعمقها ١٤.٣٣ متراً ثم النقطة M٥ وعمقها ١٢.١٣ متراً؛ هكذا تتدرج نقاط وسط البحيرة في الارتفاع بالاتجاه نحو الشرق أي نحو مصب وادي زقلاب في البحيرة كما يلاحظ من الخريطة الكنتورية لأرضية الخزان الشكل (٤و٥)، كما يلاحظ من الخريطة أن أدنى ارتفاع في الخزان هو -١١٢ متراً يقع في وسط الخزان تقريبا وأعلى ارتفاع هو -٩٤ متراً حول أطراف الخزان ؛ إذ إن وسط الخزان المنطقة الأعمق .

الخريطة الكنتورية (شكل ٥) تدل على أن خطوط تساوي الارتفاع (Contour Lines) متقاربة جدا نحو وسط الخزان ومتباعدة في الجزء الشرقي من الخزان مما يدل على وجود ميل حاد نحو وسط الخزان وأن جزأها الشرقي منبسط تقريبا، وهذا واضح جدا في الشكل (٧) إذ إن درجة الميل لجوانب البحيرة نحو الوسط تتراوح بين ٧-١٧ درجة بينما لا تتعدى درجة الميل ٣ درجات في الجزء الشرقي ، كما أن اتجاه هذا الميل هو نحو الوسط كما هو موضح في الشكل (٨) ؛ أي نحو الخط المار وسط الخزان من الشرق إلى الغرب – الذي هو امتداد لوادي زقلاب –، كما هو واضح بشكل جلي في الشكل (٩) –الخط الملتوي الأبيض الذي يقطع منتصف الخزان من الشرق إلى الغرب- على العموم فان طبوغرافية أرضية الخزان هي امتداد لوادي زقلاب كما يلاحظ من الشكل (١٠) الذي يوضح مجمل هذه التفاصيل.

يوضح الشكل رقم (٦) المنحنى التقديري (Rating Curve) للعلاقة بين السعة الخزنية الفعلية للسد والمستوى الأفقي لارتفاع الماء فيه ، يلاحظ أن السعة الفعلية القصوى عند ارتفاع المسيل المائي -٨٦ متراً وتساوي ٢.٧٨ مليون متر مكعب ، أما عند ارتفاع -١١٢ متراً فان السعة الخزنية الفعلية هي صفر. إذ تربط العلاقة التالية:

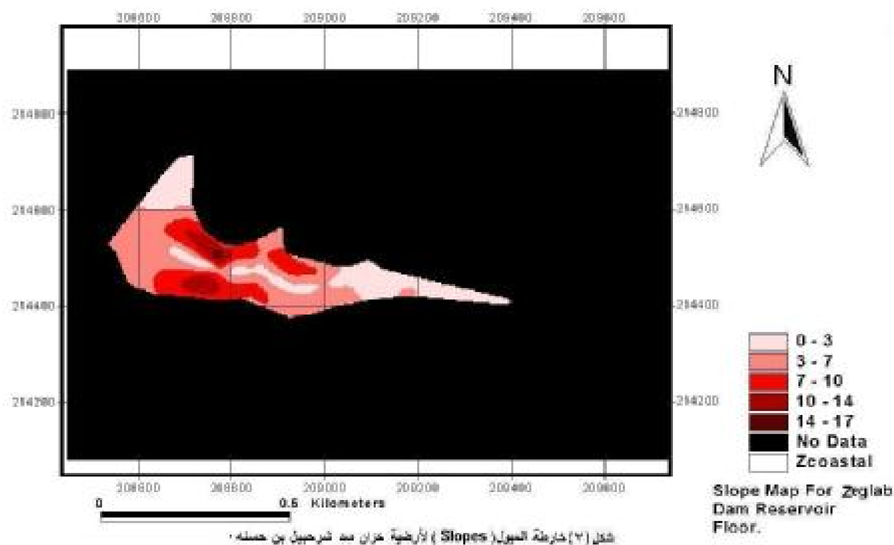
V= ٠.١Z + ١١.٢

بين السعة الخزنية الفعلية (V) وبين ارتفاع المستوى الأفقي في خزان السد (Z).

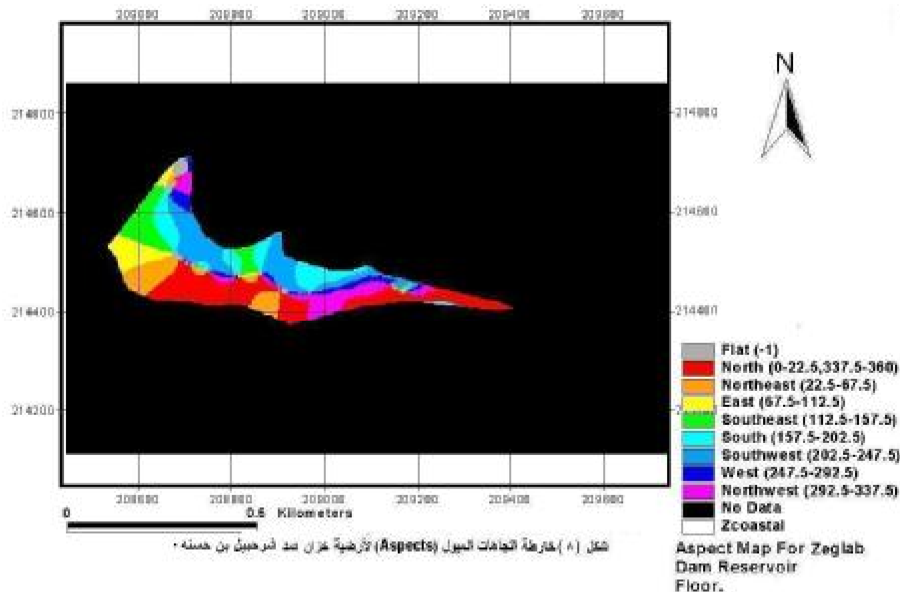
تقلصت السعـــة التخزينية القصوى لخزان السد من ٤.٤ مليون متر مكعـــب إلى ٢.٧٨ مليون متر مكعب نتيجة للرسوبيات المتراكمة في بحيرة السد، إذ يبلـــغ معـــدلها السنوي ٤٦ ألف متر مكعب سنوياً، فإذا استمر المعدل على هذا النحو فـــإن الترســـبات ستملئ خزان السد وسينتهي حجم الخزين المائي للخزان سنة ٢٠٦١ ميلادية.

إن ٤٦ ألف متر مكعب في السنة معدل تقلص السعة الخزنية للســـد عـــال نســـبيا بالنظر إلى مساحة حوض التغذية الصغير وهـــو ١٠٦ كـــم٢ ؛ ويكمـــن الســـبب فـــي الانحدارات الشديدة لجوانب التلال في الحوض إذ إن الفرق بين أعلى وأدنى ارتفاع فـــي الحوض يصل إلى ما يقارب ١٢٠٠ متر.

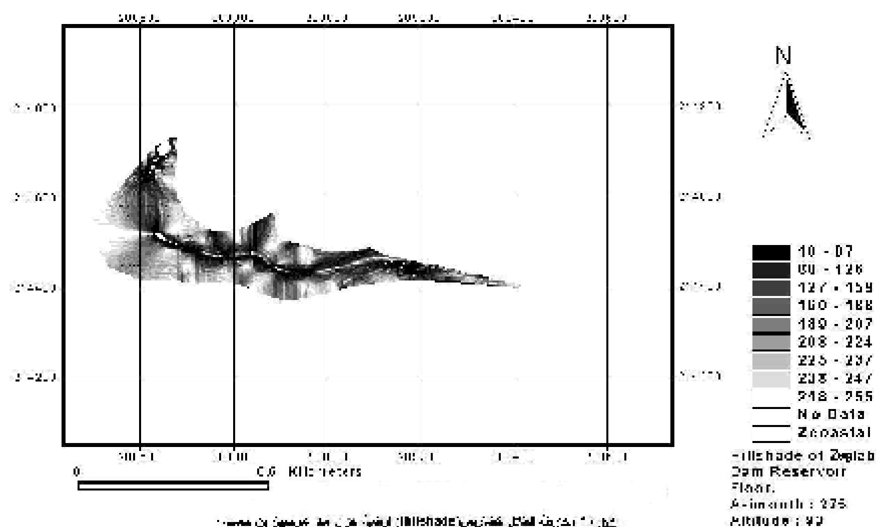
بما أن الاتجاهات السائدة في الأوساط المناخية تؤكد أن شدة المطر ستزداد علـــى حوض شرق البحر المتوسط بسبب ظاهرة سخونة الكوكب، فـــإن معـــدل الرســـوبيات السنوي القادم لبحيرة السد سيزداد (Al-Ansari,١٩٩٨)، إلا أننا يجب أن نلاحظ كـــذلك أن الحمل من الرسوبيات (Sediment Load) سيتناقص مع نقصان مســـاحة الأرض القابلـــة للزراعة (Arable Land) (Leeder,١٩٨٩; McManus and Duck ,١٩٩٣) في الحـــوض، مما سيعطي للأمر منحى آخر بحاجة إلى المزيد من البحث.



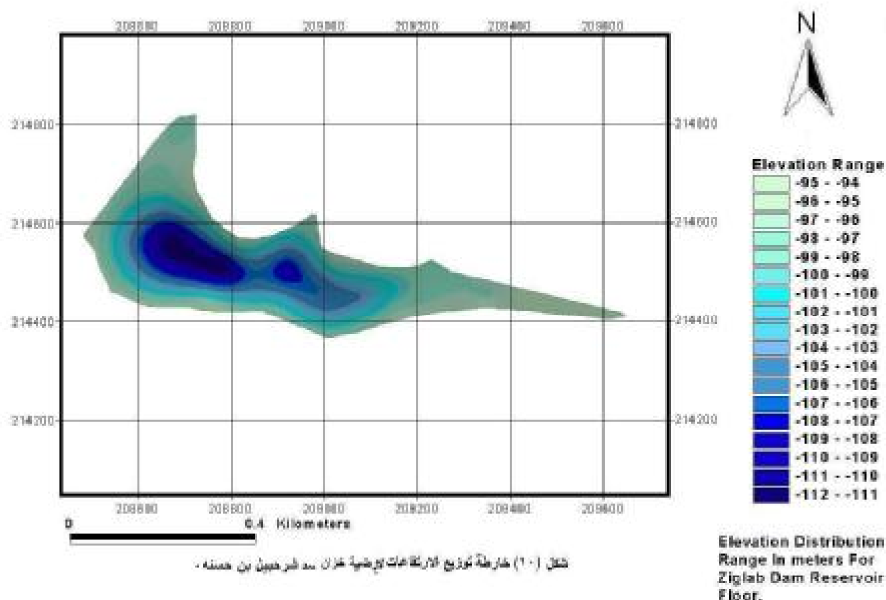
شكل (٧) خارطة الميول (Slopes) لأرضية خزان سد شرحبيل بن حسنه.



شكل (٨) خارطة اتجاهات الميول (Aspects) لأرضية خزان سد شرحبيل بن حسنه.



شكل (٩) خارطة الظل الصناعي (Hillshade) لأرضية خزان سد شرحبيل بن حسنة.



شكل (١٠) خارطة توزيع الارتفاعات لأرضية خزان سد شرحبيل بن حسنة.

المراجع العربية:

١- المومني، محمد ورفاقه، مصادر لمياه في حوض اليرموك والأدوية الجانبية الشمالية، عمان، ١٩٨٥.

٢ - عبد الحميد، غسان، جيولوجية منطقة جرش: لوحة رقم: (٢-٣١٥٤)، المملكة الأردنية الهاشمية، وزارة الطاقة والثروة المعدنية. سلطة المصادر الطبيعية، مديرية الجيولوجيا، قسم المسح الجيولوجي، نشرة رقم ٣٠، عمان، ١٩٩٥.

٣- محمد، باسم خليل، جيولوجية منطقة اربد والشونة الشمالية (وقاص): اللوحات الرقم -٣١٥٤) (III, ٣١٥٤-II، للمملكة الأردنية الهاشمية، وزارة الطاقة والثروة المعدنية. الجيولوجي، نشرة رقم ٤٦، عمان، ٢٠٠٠.

٤- المملكة الأردنية الهاشمية، وزارة النقل، دائرة الأرصاد الجوية، السلاسل الزمنية للمعدلات الشهرية لبعض عناصر الطقس في الأردن، عمان، ٢٠٠٠.

٥- الزعبي، كامل، مسح الموارد المائية في حوض وادي شرحبيل بن حسنه، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، ١٩٩٥.

المراجع الأجنبية:

١- Al-Ansari, N.A., Water resources in the Arab countries: Problems and possible solutions, UNESCO International conf. (Water: a looming crisis), Paris,٣٦٧-٣٧٦, ١٩٩٨.

٢- Al-Ansari, N. A., Hemrin Reservoir: Geological, and Hydrological Investigation, J. Water Res., Special Pub., No. ٢, (Ed.) ١٩٨٧.

٣- Agrar and Hydrotecnik: National Water Resources Master Plan of Jordan. ٨ Volumes, Essen, Hannover, ١٩٩٧.

٤- Bender, F.:Geology of Jordan Borntraeger, Berlin, ١٩٧٤.

٥- Graf, W, Hydraulics of Sediment Transport, McGraw-Hill, ١٩٧١.

٦- Gurer, I.: Hidroloji Vygulamalari, Hacettepe Universitesi: Muhendislik Fakultesi, ١٩٩٠.

٧- Leeder, M. R.: Sedimentology Process and Product, George Allen and Unwin, London, ١٩٨٩.

٨- Macdonald, M., Wadi Ziqlab Dam, Geological Report on the Upper Dam Site,

Jordan, ١٩٦٥.

٩- Macdonald, M., East Bank of Jordan Water Resources, Report ٤, Storage on the Wadi Ziqlab, Jordan, ١٩٦٥.

١٠- McManus, J. and Duck, R. W.: Geomorphology and Sedimentology of Lakes and Reservoirs, John Wiley and Sons, New York, ١٩٩٣.

١١- Water Authority: The North Jordan Water Resources Investigation Project, Amman, ١٩٨٩.